

RD 法を用いた橋の減衰定数の推定に関する一考察

オリエンタルコンサルタンツ 正会員 ○ホン ジハン 正会員 大竹 省吾 正会員 久木留 貴裕
 東京都立大学 正会員 中村 一史
 高速道路総合技術研究所 正会員 岩吹 啓史

1. 目的

高架道路の鋼鈑桁橋より発生する低周波音は、建具のがたつきなどによる“物的苦情”の原因となり、これを引き起こす周波数には、3.15～5Hz 帯と 10～20Hz 帯の 2 つがある¹⁾。解析による低周波音苦情の予測のためには、①発生源となる外力、②橋梁振動、③対策効果、④橋梁振動に伴う低周波音に関して推定・予測が必要となる。既設橋梁に対して、①と④の予測では、実測との比較により検証できるため、②と③の予測精度が確認できれば、全て解析で推定が可能となる。著者らはこれらの検証を進めてきた²⁾。ここで、②橋梁振動の予測解析では、橋梁の減衰定数の設定が必要となる。交通振動の実測値より減衰定数を確認した研究事例³⁾はあるものの事例は少ない。このため、本論文では、高架橋の振動計測結果を用いて、RD 法⁴⁾により減衰定数を算定した結果を、算定時のパラメータ等の条件が結果に及ぼす影響に着目し考察したので報告する。

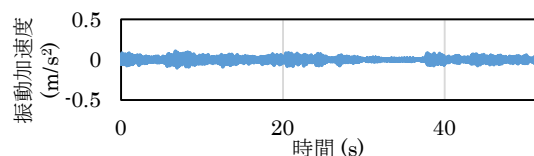
2. 対象橋梁と振動計測データ

対象橋梁は、図-1 に示す 4 径間連続鋼箱桁橋+7 径間鋼連続鈑桁橋である。同図には振動計測の位置も併せて示す。振動計測は、RION VM-83 を用いて振動加速度を計測した。RD 法による減衰定数の算定は、鈑桁橋鉛直方向の振動に着目し、P12 から P13 の床版中央での計測記録を用いた。計測データは、大型車の影響が見られなくなった自由振動波形と、大型車走行時の波形を用いた(図-2)。

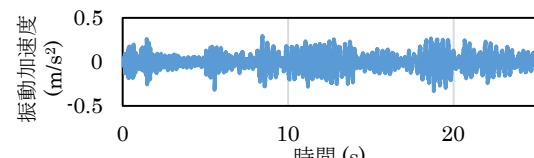
3. RD 法による減衰定数の算定方法

RD 法による減衰定数の算定は、初めに、計測波形よりフーリエスペクトルを算出し、3.15Hz 帯と 12.5Hz 帯の卓越振動数を着目振動数として抽出した(図-3)。次に、着目する振動数を中心としたバンドパスフィルター(矩形フィルター)を施し(図-4、図-5)、波形の極大値から一定秒数の波形を、1 ピークずつ移動させながら重ね合わせることで RD 波形を作成した(図-6、図-7)。最後に、ここで作成した RD 波形に最小 2 乗法を用いて指数関数に近似した包絡線を求め、減衰定数を算出した。

ここで文献 4)によると、設定するバンド幅の範囲により、算出される減衰定数の値が大きく変動することが確認されている。固有振動数が 3Hz 程度の場合、最適バンド幅は 0.1Hz ($h=0.5\%$)～0.5Hz ($h=5.0\%$)程度であることが述べられてお

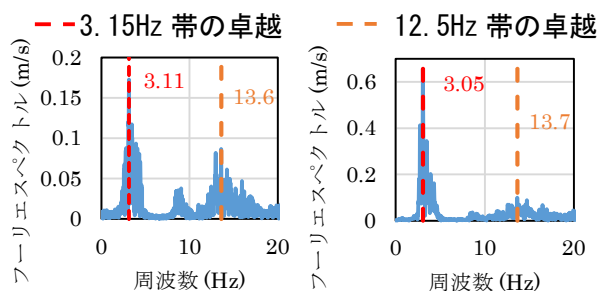


(a) 自由振動波形



(b) 車両走行時の波形

図-2 観測波形



(a) 自由振動波形

(b) 車両走行時の波形

図-3 フーリエスペクトルと着目する振動数



図-1 対象橋梁と振動計測位置

キーワード 振動計測, RD 法, 橋梁, 減衰定数, バンド幅, 卓越振動数

連絡先 〒151-0071 東京都渋谷区本町 3-12-1 住友不動産西新宿ビル 6 号館 オリエンタルコンサルタンツ TEL.03-6311-7860

り、固有振動数に比例して最適バンド幅が大きくなるものとしている。これを参考に、バンド幅を 0.05Hz, 0.1Hz, 0.5Hz と設定し算定される減衰定数のばらつきを評価するものとした。また、減衰定数を算出する際の近似する波数は、文献 4)より波数が多いと減衰を過大評価するとされていることから、5 波長分で近似するものとした。

4. RD 法による減衰定数の算定結果

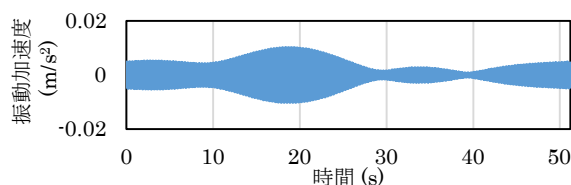
表-1 に RD 法による減衰定数の算定結果を示す。これより、自由振動波形と大型車走行時の波形で算定される減衰定数はほぼ同じであることを確認した。また、バンド幅による影響は、自由振動波形の 3.15Hz 帯のピークで 2%~36%程度、12.5Hz 帯のピークで 0.4%~4%程度とバンド幅を広くすると減衰定数は大きく評価されることを確認した。また、文献 4)で示される 1 質点モデルにおける最適バンド幅における減衰定数よりも大きくなった。これは、橋梁の振動には 1 質点モデルと比べて複雑な振動モードが重なり合っているため、近傍の周波数の波形が重なり合うことで、フィルター波形にうねりが発生するためと考えられる。このため、バンド幅を 0.05Hz としたときの減衰定数が妥当な値であると推察する。この値は、道路橋示方書⁵⁾に示される鋼上部構造の標準値である 2%と同程度である。12.5Hz 帯のピークに着目した減衰定数については、3.15Hz 帯のピークに着目した減衰定数の 1/5~1/10 程度になることを確認した。

5. まとめ

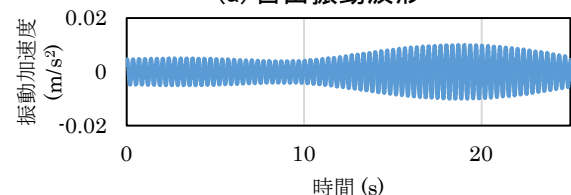
振動計測記録から RD 法を用いて鈑桁橋の減衰定数の算定を行った。得られた知見は以下の通りである。

- 1)自由振動波形と大型車走行時の波形で算定される減衰定数はほぼ同じであることを確認した。
- 2)バンド幅を広くすると減衰定数は大きく評価されるため、0.05 Hz 程度とするのが妥当と推察した。
- 3)12.5Hz 帯の卓越振動の減衰定数は、3.15Hz 帯の卓越振動数に着目した値の 1/5~1/10 程度になることを確認した。
- 4)バンド幅により算出される減衰定数が大きく変わるため、バンド幅と減衰定数の妥当性確認が今後の課題である。

参考文献： 1)大竹省吾，中村一史，長船寿一，岩吹啓史，鳥部智之，平栗昌明：鋼鈑桁橋の橋梁振動に伴う低周波音の発生部位とその要因に関する研究，土木学会論文集 A1 (構造・地震工学)，Vol.74, No.2, pp.186-201, 2018. 2) 大竹省吾，中村一史，長船寿一，岩吹啓史，鳥部智之，平栗昌明：鋼鈑桁橋の鉛直 2 次モードの振動に着目した低周波振動する研究，構造工学論文集，Vol.64A, pp.293-306, 2018. 3) 深田幸史，室井智文，樺山好幸，梶川康男：路面補修前後の長期モニタリングから評価した周期性路面の橋梁に及ぼす影響，土木学会論文集 A1 (構造・地震工学)，Vol.67, No.1, pp.121-136, 2011. 4)小林慎祐，鍵山佳秀，神野達夫，三浦賢治：RD 法による減衰評価に解析パラメータが及ぼす影響，日本建築学会中国支部研究報告集，第 30 巻，pp.185-188, 2007. 5) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，pp.131, 2018.



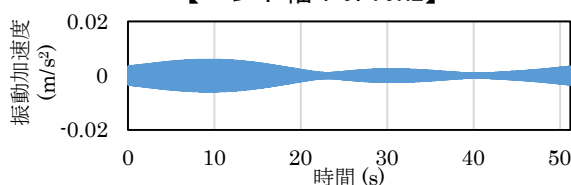
(a) 自由振動波形



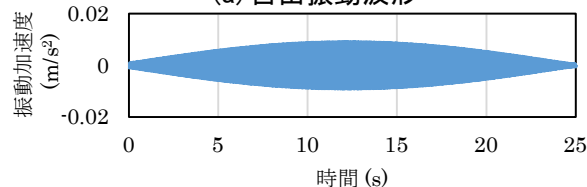
(b) 車両走行時の波形

図-4 フィルター波形 (3Hz 付近の卓越に着目)

【バンド幅：0.10Hz】



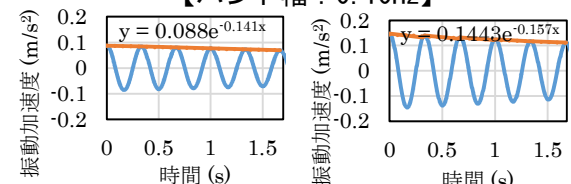
(a) 自由振動波形



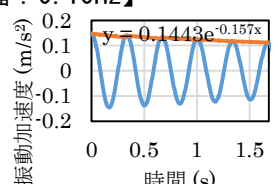
(b) 車両走行時の波形

図-5 フィルター波形 (12Hz 付近の卓越に着目)

【バンド幅：0.10Hz】



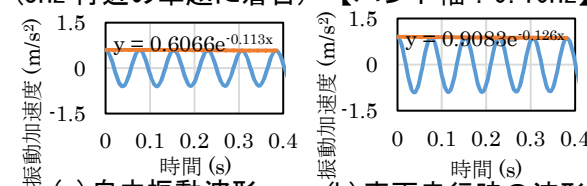
(a) 自由振動波形



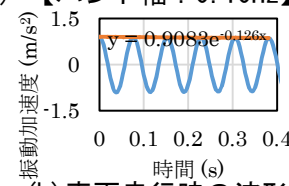
(b) 車両走行時の波形

図-6 RD 波形による包絡線の算出

(3Hz 付近の卓越に着目) 【バンド幅：0.10Hz】



(a) 自由振動波形



(b) 車両走行時の波形

図-7 RD 波形による包絡線の算出

(12Hz 付近の卓越に着目) 【バンド幅：0.10Hz】

表-1 RD 法による減衰定数の算出結果

3Hz 付近の卓越に着目	バンド幅 (Hz)		
	0.05	0.10	0.50
自由振動波形	0.018	0.045	0.359
車両走行時の波形	0.029	0.051	0.348

12Hz 付近の卓越に着目	バンド幅 (Hz)		
	0.05	0.10	0.50
自由振動波形	0.004	0.008	0.037
車両走行時の波形	0.004	0.009	0.037